

## Elektrotehnika in varnost Varnost

# Meritve električnih inštalacij

predavatelj  
prof. dr. Grega Bizjak, u.d.i.e.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Zakaj meritve električne inštalacije

Zato da zagotovimo varnost in kakovost električne inštalacije, jo je potrebno pregledati, preizkusiti in premeriti:

- pred izročitvijo v uporabo;
- periodično (priporočljivo na 3 do 5 let);
- po vsakem popravilu, rekonstrukciji, zamenjavi, ...

Pregled oziroma preizkuse izvajamo glede na dokumentacijo o inštalaciji, ki vsebuje podatke o sistemu, uporabljeni zaščiti, ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

**Pregled električne inštalacije:**

- pregled je pomemben del preizkušanja električne inštalacije;
- s pregledom lahko najdemo napake in okvare, ki jih z meritvami ne moremo odkriti;
- pregled vedno opravimo pred meritvami in **pred priklopom inštalacije na napajanje.**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

Pregled mora potrditi, da električna oprema inštalacije:

- ustreza varnostnim zahtevam;
- je pravilno izbrana in nameščena (skladno s standardom);
- ni poškodovana tako, da bi to zmanjšalo varnost.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

Vsebina pregleda električne inštalacije:

- zaščita pred električnim udarom;
- zaščita pred širjenjem ognja in termičnimi učinki;
  - ustreznost izbire vodnikov;
- izbira in nastavitve zaščitnih in nadzornih naprav;
  - ustreznost ločilnih in stikalnih naprav;
  - zaščita pred zunanjimi vplivi;
  - pravilno označevanje N in PE vodnika;
- namestitev stikalnih naprav (ali so v L vodnikih);
  - opremljenost z diagrami, opozorili;

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

Preverjanje s pregledi je namenjeno ugotavljanju:

- skladnosti s projektom;
- pravilne izbire opreme in označevanja;
- pravilne izvedbe električnih inštalacij glede na zahtevane tehniške regulative;
- učinkovitosti zaščite pred električnim udarom;
- odkrivanju vidnih poškodb, ki bi lahko ogrozile varnost.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

### Vsebina pregleda električne inštalacije:

- namestitve vezij, zaščitnih naprav, stikal, priključkov;
  - ustrezne povezave vodnikov;
  - ustrezni in ustrezno položeni PE vodniki (vključno z izenačitvami potenciala);
- dostopnost do opreme zaradi obratovanja in vzdrževanja;
- ostalo glede na zahteve za posebne inštalacije ali lokacije.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

### Pri pregledu sledimo logičnemu zaporedju inštalacije:

- najprej pregledamo priključek na omrežje;
  - sledi pregled glavnega razdelilca;
- nato pregledamo povezave do podrazdelilcev in podrazdelilce;
  - sledi še pregled vseh končnih tokokrogov.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

### Prvi ali osnovni pregled:

- pregledati moramo vsako točko električne inštalacije;
- preverimo tudi mehanske oprijeme;
- med pregledom mora biti električna inštalacija izklopljena.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

### Pregled po spremembi ali popravilu:

- podrobno pregledamo dele inštalacije, ki so bili popravljene ali spremenjene;
- pregled izvedemo enako kot osnovni pregled le omejeno na popravljene (spremenjene) del;
- del inštalacije, ki se pregleduje, mora biti odklopljen od napajanja.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije

### Periodični ali vzdrževalni pregled:

- pregleda se dele inštalacije, ki potrebujejo vzdrževanje oziroma kjer je predviden periodični pregled;
- inštalacija v tem primeru ni odklopljena od napajanja zato je potrebna previdnost pri delu.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pregled električne inštalacije



### Rezultati pregleda:

- Pri pregledu si lahko pomagamo s standardom SIST HD 60364-6, kjer v dodatku G najdemo Obrazec za pregled električne inštalacije;
- dodatek vsebuje tudi primere, kaj vse naj bi se preverilo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus električne inštalacije

### Preizkus električne inštalacije:



S preizkušanjem ugotovimo, ali je električna inštalacija dovolj varna za uporabnike in okolico. Ugotavljamo predvsem, če so vse zahteve zaščite pred električnim udarom v skladu s predpisi. Za preizkušanje uporabljamo instrumente, ki glede na merilno metodo in točnost ustrezajo tehničnim predpisom.

EV V: Meritve električnih inštalacij

13

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus električne inštalacije

### Preizkusiti je potrebno:

- neprekinjenost zaščitnega vodnika,
- neprekinjenost glavnega vodnika za izenačenje potenciala,
- neprekinjenost dodatnega vodnika za izenačenje potenciala,
  - neprekinjenost vodnikov pod napetostjo pri krožnem končnem tokokrogu,
  - izolacijske upornosti električne inštalacije,
- zaščite z malo napetostjo ali električno ločitvijo tokokrogov,

EV V: Meritve električnih inštalacij

14

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus električne inštalacije

### Preizkusiti je potrebno:

- upornosti tal in sten, če to zahteva narava izvedenih inštalacij,
- zaščito s samodejnim odklopom napajanja,
  - dodatno zaščito,
- funkcionalnosti električnih inštalacij in naprav,
  - preizkus polaritete (stikala v L),
  - preizkus faznega zaporedja,
  - preizkus delovanja,
  - preverjanje padca napetosti.

EV V: Meritve električnih inštalacij

15

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus električne inštalacije

### Preizkusimo tudi stikalne bloke:

- meje segrevanja stikalnih blokov, če je to potrebno,
  - dielektrične lastnosti stikalnih blokov,
- kratkostične trdnosti stikalnih blokov, če je to potrebno,
- neprekinjenost zaščitnega tokokroga stikalnih blokov,
  - izolacijske razdalje in plazilne poti stikalnih blokov,
  - mehansko delovanje stikalnih blokov,
- stopnjo mehanske zaščite stikalnih blokov (IPxx),
  - električno funkcionalnost stikalnih blokov
- smer vrtenja elektromotorjev na črpalkah, ventilatorjih ipd.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus električne inštalacije

### Preizkus električne inštalacije:

Zanesljivost in varnost delovanja postrojev, naprav in opreme preverimo s funkcionalnimi preizkusi:

- preizkus pravilnega delovanja naprav za kontrolo izolacije v IT sistemih in v pomožnih neozemljenih tokokrogih,
- preizkus pravilnega delovanja zaščitnih naprav (zaščitni releji, naprave za izklop v sili, blokade);
- preizkus pravilnega delovanja varnostnih tokokrogov,
- preizkus delovanja naprav za javljanje in signalizacijo (delovanje signalizacije, daljinsko javljanje položaja stikal).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

### Varnost pri meritvah:

- Meritve služijo ugotavljanju in oceni stanja zaščitnih ukrepov. Ob tem je potrebno upoštevati zahteve standardov in pravilnikov, ki določajo merilne metode. Za izvajanje meritev lahko uporabimo le merila, ki imajo potrdilo o brezhibnosti.
- Nekatere meritve lahko opravimo le, ko je električna inštalacija v breznapetostnem stanju (izolacijska upornost), druge pa pod napetostjo. V obeh primerih je potrebno upoštevati pravila za delo pod napetostjo (inštrument lahko generira napetost 500 V). Pri meritvah pa smemo uporabljati samo nepoškodovane in pravilno izdelane merilne vrvice, sponke, konice.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

### Varnost pri meritvah:

- med meritvami lahko pride tudi do različnih dogodkov, ki lahko ogrozijo varnost merilca (npr. udar strele v električno omrežje);
- zaradi tega je potrebno uporabljati ustrezno merilno opremo in določene varnostne ukrepe.

---

---

---

---

---

---

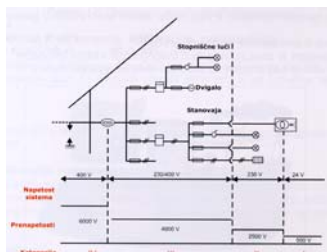
---

---

## Meritve električne inštalacije

### Varnost pri meritvah:

- Glede na zaščito pred prenapetostmi se lahko v različnih delih inštalacije pojavijo različne prenapetosti:



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

### Prenapetostne kategorije inštalacije:

- kategorija IV (CAT IV): izhodišče, transformatorji, zunanji vodi, števcji ...
  - kategorija III (CAT III): razdelilci, strojnice, industrijske inštalacije, vtičnice za visoke tokove ...
- kategorija II (CAT II): vtičnice, stikala, povezave svetil v zgradbah, vtičnice oddaljene od CAT III več kot 10 m ...
- kategorija I (CAT I): elektronika za napajalnimi TR, oprema z ločeno napajalno napetostjo ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

### Prenapetostna kategorija merilnih instrumentov:

- preizkusna napetost prehodnega pojava, ki jo prenese merilni instrument, mora ustrezati prenapetostni kategoriji električne inštalacije, kjer izvajamo meritve:
  - 4000 V za CAT II 600 V in CAT III 300 V;
  - 6000 V za CAT III 600 V in CAT IV 300 V;
  - 8000 V za CAT III 1000 V in CAT IV 600 V.
- merilni instrumenti naj bi bili deklarirani vsaj za CAT IV 300 V (preizkusna napetost vsaj 6000 V)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

### Drugi zaščitni ukrepi; priporoča se, da merilec:

- uporablja izolirne rokavice in izolirna obuvala ter stoji na neprevodnih tleh;
- uporablja zaščitna očala in ognjevarno obleko;
- ne nosi kovinskega nakita (obeskov);
- ne nosi instrumenta okoli vratu ali ga drži v roki;
- če dvomi v prisotnost napetosti vedno ravna tako, kot da je vezje pod napetostjo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

Standard SIST HD 60364-6 določa, da je potrebno izmeriti oz. preizkusiti sledeče (če je možno v takem vrstnem redu):

- neprekinjenost vodnikov,
- izolacijsko upornost električne inštalacije:
  - izolacijske upornosti med vodniki pod napetostjo,
- izolacijske upornosti proti ozemljenemu PE (PEN) vodniku:
  - izolacijsko upornost tal in sten;

---

---

---

---

---

---

---

---



## Meritve električne inštalacije

Standard SIST HD 60364-6 določa, da je potrebno izmeriti oz. preizkusiti sledeče (če je možno v takem vrstnem redu):

- zaščito s samodejnim odklopom napajanja;
- impedance okvarnih zank in ugotavljanje pravilnosti odklopnega časa zaščitnih naprav,
- upornosti zaščitnega vodnika med razdelilnikom in glavnim izenačenjem potenciala,
- upornost zaščitnega vodnika od podrazdelilcev do posameznih porabnikov,
- pravilnosti delovanja naprav za diferenčno tokovno zaščito,
  - merjenje upornosti ozemljila;
  - dodatno zaščito;

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov

Merimo:

- neprekinjenost zaščitnih vodnikov (vodnikov, ki povezujejo priključke s PE zbiralko v razdelilcu – merimo vse tokokroge),
- vodnikov za glavno in dodatno izenačevanje potenciala (vsi vodniki, ki so vezani na zbiralko za glavno izenačevanje potenciala ter vodniki za lokalno in dodatno izenačevanje potenciala) ter
- ozemljitvenih vodnikov (vodniki, ki predstavljajo povezavo z ozemljili - TT inštalacija)

---

---

---

---

---

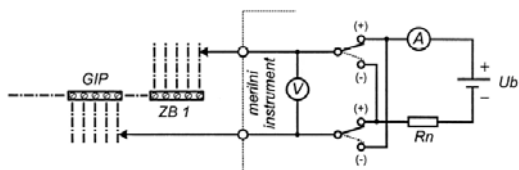
---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov

Neprekinjenost se meri z U-I merilno metodo – meritev upornosti. Dovoljena je enosmerna ali izmenična napetost med 4 V in 24 V, tok mora biti vsaj 200 mA. Če merimo z enosmerno napetostjo, naredimo 2 meritvi z različnima polaritetama.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov

Standardni preizkus neprekinjenosti se izvede med glavno PE zbiralko in izpostavljenimi kovinskimi deli (ohišja, PE sponke vtičnic, ...).

Izmerjena vrednost upornosti mora ustrezati preseku in dolžini PE vodnika.

V pravilniku o tehniških normativih za zaščito nizkonapetostnih omrežij piše, da mora biti vrednost, ki jo merimo med zaščitnim kontaktom električne napeljave in kovinskimi deli drugih napeljav, manjša od

**2  $\Omega$**

kateremkoli prostoru objekta.

---

---

---

---

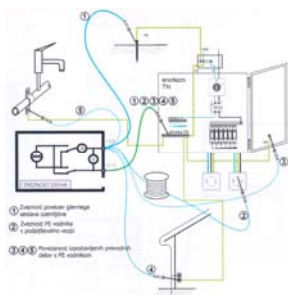
---

---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov



Merimo na primer med zbiralko PE ter:

- PE sponko na vtičnicah,
- ohišjem svetilk in ohišjem porabnikov,
- vodovodno inštalacijo,
  - toplovodom in plinovodom,
- strelovodno napravo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov

V TN sistemih inštalacije sta PE in N vodnika vezana na skupno zbiralko v (glavnem) razdelilcu. Zaradi tega lahko neprekinjenost PE (in N) vodnika ugotavljamo tudi z meritvijo upornosti N-PE zanke.

Ker sta običajno N in PE vodnik enaka, lahko kot rezultat pričakujemo dvojno upornost.

Postopek meritve je enostavnejši, ker ne potrebujemo dolgih merilnih vezi ampak si lahko pomagamo kar z vezmi s prirejenimi vlikači.

---

---

---

---

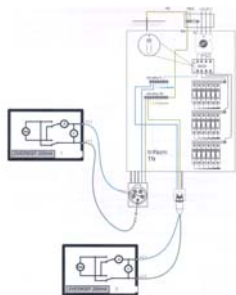
---

---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov



Meritev lahko izvedemo v enofazni ali trifazni inštalaciji.

Namesto merilnih vezi lahko uporabimo tudi poseben merilni vtikač.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov

Če je upornost glavne PE povezave prevelika, da bi lahko zagotovila dovolj nizko napetost dotika pri zaščiti z odklopom, je potrebno uvesti izenačevalne povezave.

Meritev upornosti izenačevalne povezave se izvede enako kot meritev upornosti PE povezave.

Rezultat meritve mora ustrezati pogoju:

$$R \leq \frac{50V (25V)}{I_a}$$

kjer je  $I_a$  tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave.

Merimo med dostopnimi kovinskimi deli, ki so bližje od 2,5 m (se jih lahko hkrati dotaknemo)

---

---

---

---

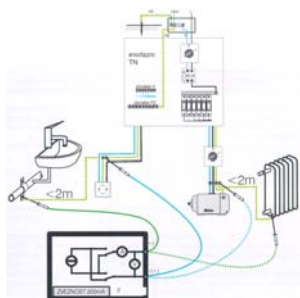
---

---

---

---

## Meritev neprekinjenosti PE vodnikov



Merimo samo upornost dodatnega izenačevanja potenciala.

Pomembni so vsi kovinski deli, ki se jih lahko hkrati dotaknemo (razdalja 2,5 m).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev izolacijske upornosti



### Izolacijska upornost

#### Merimo med:

- ločeno fazni vodniki proti PE in N,
- fazni vodniki med seboj,
- PE vodnik proti N.

#### Pred pričetkom izvajanja meritev:

- izključimo omrežno napetost,
- sklenemo vsa stikala,
- odklopimo vse porabnike.

---

---

---

---

---

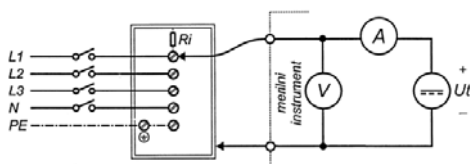
---

---

---

## Meritev izolacijske upornosti

Merimo z enosmerno napetostjo, da na meritev ne vplivajo dozemne kapacitivnosti. Velikost merilne napetosti je odvisna od napetostnega nivoja inštalacije.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev izolacijske upornosti

Meritve se izvajajo z enosmerno preizkusno napetostjo:

- SELV in PELV inštalacije:  
250 V,  $R > 0,50 \text{ M}\Omega$ ;
- inštalacije do nazivne napetosti 500 V:  
500 V,  $R > 1,0 \text{ M}\Omega$ ;
- inštalacije z nazivno napetostjo nad 500 V:  
1000 V,  $R > 1,0 \text{ M}\Omega$ ;



---

---

---

---

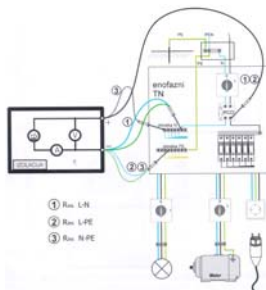
---

---

---

---

## Meritev izolacijske upornosti



Meritev se najprej opravi za celotno inštalacijo skupaj. Vsi podsklopi morajo biti vklopljeni.

Če je rezultat meritve ustrezen, lahko smatramo da je ustrezen za vse vključene podsklope.

Merimo v glavnem razdelilcu ali kjerkoli, kjer so dostopni vsi vodniki.

---

---

---

---

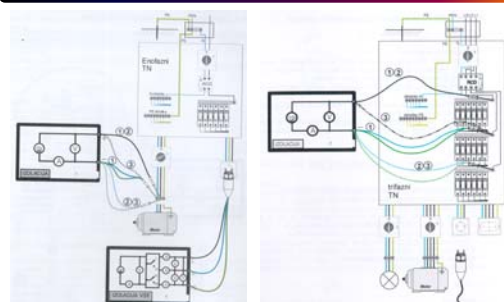
---

---

---

---

## Meritev izolacijske upornosti



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev izolacijske upornosti

Pri novi inštalaciji je rezultat meritve običajno precej večji od mejne vrednosti.

Če je izmerjena vrednost blizu mejne ali celo manjša:

- naredimo več dodatnih meritev, da ugotovimo, če ne gre za napako pri meritvi;
- preverimo, če so porabniki izklopljeni, odstranjene prenapetostne zaščite ...
  - če najdemo vlago ali umazanijo, jo očistimo in odstranimo;
- naredimo delne meritve po posameznih odsekih in poiščemo kritični odsek.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev impedance okvarne zanke

Okvarna zanka je električni tokokrog po katerem teče tok ob okvari. Od njene impedance je odvisna velikost okvarnega toka in zaradi tega tudi delovanje zaščitnih naprav.

S to meritvijo preverjamo:

- impedanco okvarne zanke, velikost okvarnega toka in okvarne napetosti;
- učinkovitost oz. delovanje nadtokovne zaščite in RCD zaščitnih stikal.

---

---

---

---

---

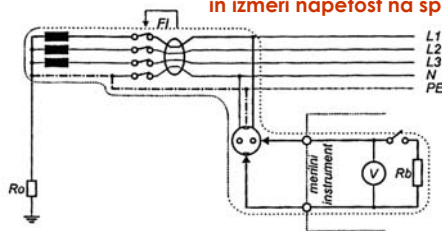
---

---

---

## Meritev impedance okvarne zanke

Meri se tako induktivni kot uporovni del. Meri se tako, da inštrument med L in PE kratkotrajno vključi upornost in izmeri napetost na sponkah.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev impedance okvarne zanke

Impedanca okvarne zanke in kratkostični tok

Inštrument kratkotrajno obremeni okvarno zanko z vključitvijo upornosti in izmeri poseganje napetosti ter izračuna impedanco zanke.

$$Z_{LPE} = Z_{sekTR} + R_L + R_{PE} = \frac{U_{brez\ upora} - U_{z\ uporom}}{U_{z\ uporom} / R}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev impedance okvarne zanke

Istočasno inštrument lahko izračuna tudi okvarni tok:

$$I_{okv} = \frac{U_n}{Z_{LPE}}$$

Ker meritev ni vedno izvedena pri naj-neugodnejših pogojih (nižja napajalna napetost, segreti vodniki – večja upornost) lahko izmerjeni okvarni tok korigiramo z skalirnimi faktorji (ali pa korigiramo mejno vrednost). Tipičen skalirni faktor je 0,64 (0,8 x 0,8).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev impedance okvarne zanke

Rezultat meritve mora izpolnjevati pogoj:

$$Z_{LPE} < \frac{U_{dotika}}{I_{nazivni\ izklopni\ tok\ (RCD)}}$$

Težava lahko nastane pri meritve zanke z RCD stikalom. V tem primeru moramo meriti z dovolj majhnim tokom, da ne povzročimo izklopa RCD stikala.

Pri TT inštalaciji zadošča meritev ozemljitvene upornosti.

---

---

---

---

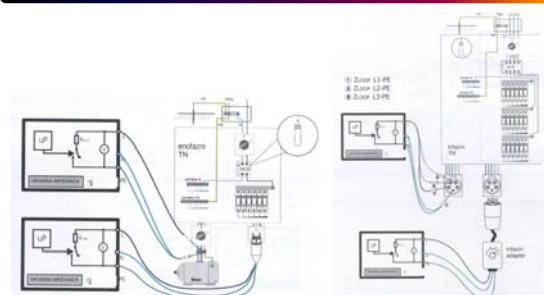
---

---

---

---

## Meritev impedance okvarne zanke



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev impedanca kratkostične zanke

### Impedanca kratkostične zanke

Impedanca kratkostične zanke se meri enako kot impedanca okvarne zanke, le da inštrument priključimo med fazni (L) in nevtralni (N) vodnik.

Meritev ni predpisana, jo pa izvajamo zaradi:

- kontrole zaščite pred prevelikimi toki;
- kontrole največjih dovoljenih padcev napetosti;
- lociranja napake pri preveliki upornosti okvarne zanke.

---

---

---

---

---

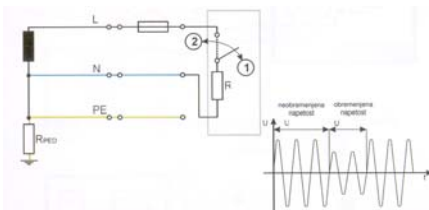
---

---

---

## Meritev impedanca kratkostične zanke

Pri meritvi med L in N (ali L2, L3) vodnik vključimo upornost in zmerimo padec napetosti.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev impedanca kratkostične zanke

Impedanco kratkostične zanke izračunamo po formuli:

$$Z_{LN} = \frac{U_{\text{brez upor}} - U_{\text{z upor}}}{U_{\text{z upor}} / R}$$

Ko smo izmerili impedanco kratkostične zanke lahko izračunamo tudi kratkostični tok, ki mora biti ustrezno večji od toka, ki povzroči izklop inštalacije v predpisanem času.

---

---

---

---

---

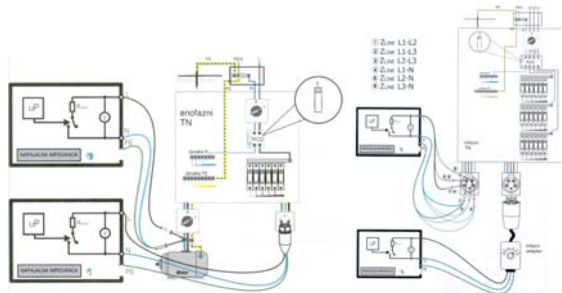
---

---

---



## Meritev impedance kratkostične zanke



EV V: Meritve električnih inštalacij

49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus RCD stikala

Preizkus RCD stikala nam da lahko več pomembnih podatkov:

- ali RCD stikala delujejo pravilno,
- pri katerem toku izklopijo,
- kakšni so izklopni časi,
- ali v inštalaciji obstajajo uhajavi tokovi.



EV V: Meritve električnih inštalacij

50

---

---

---

---

---

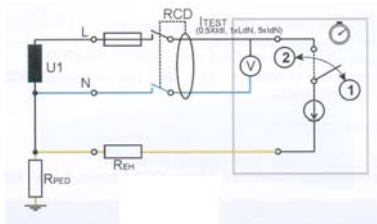
---

---

---

## Preizkus RCD stikala

Inštrument je priključen med L, N in PE in v zanki L-PE injecira preizkusni tok.



EV V: Meritve električnih inštalacij

51

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus RCD stikala

Velikost preizkusnega toka je lahko:

- 0,45 In za preizkus držanja;
- 1,05 In ali 5,25 In za meritev odklopnega časa in
- med 0,2 in 1,1 In za meritev odklopnega toka.

---

---

---

---

---

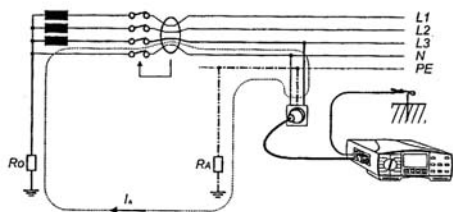
---

---

---

## Preizkus RCD stikala

Preizkus držanja in meritev napetosti dotika (samo v TT sistemih).



---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus RCD stikala

Preizkus držanja:

RCD stikalo obremenimo z 0,45 In in ne sme izklopiti. Hkrati nam ta preizkus lahko da tudi podatke o:

- upornosti okvarne zanke (ozemljilna upornost v TT inštalaciji),
  - napetosti dotika,
- možnih uhajavih tokovih v inštalaciji (če RCD stikalo izklopi).

---

---

---

---

---

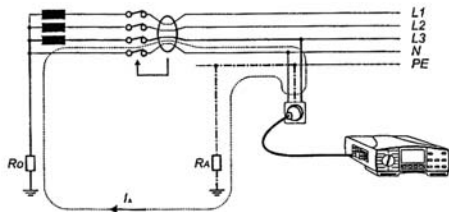
---

---

---

## Preizkus RCD stikala

### Meritev izklopnega časa



---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus RCD stikala

### Meritev odklopnega časa:

RCD stikalo obremenimo z 100%  $I_n$  ter s 500 %  $I_n$  (lahko tudi z 200 %  $I_n$ ). Stikalo mora izklopiti, merimo čas v katerem pride do izklopa:

- pri standardnem RCD mora biti izklopni čas:  
**<300 ms, <150 ms, <40 ms**
- pri selektivnem (časovno zakasnjemem RCD pa):  
**130 do 500 ms, 60 do 200 ms in 50 do 150 ms**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Preizkus RCD stikala

### Meritev odklopnega toka:

RCD stikalo obremenimo z naraščajočim tokom in opazujemo pri katerem toku bo izklopi. Stikalo je v redu, če izklopi pri:

- AC stikalo med 0,5 in 1,0  $I_n$  (sinusni tok);
- A stikalo med 0,35 in 1,4  $I_n$  (polvalni tok);
- B stikalo med 0,5 in 2,0  $I_n$  (pulzni tok).



---

---

---

---

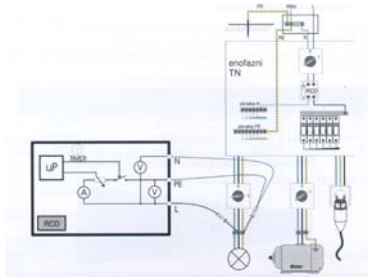
---

---

---

---

## Preizkus RCD stikala



EV V: Meritve električnih inštalacij

58

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve ozemljitvene upornosti

Ozemljitev dostopnih prevodnih delov naprav mora zagotavljati, da se na njih ne pojavi napetost, ki bi lahko bila nevarna.

Upornost ozemljitve je upornost med priključno točko (PE zbiralka) in referenčno zemljo (kjer lahko smatramo da je napetost enaka 0 tudi ko skozi ozemljilo teče kratkostični tok).

Ker je ozemljitev predvsem pa ozemljitvena upornost "porazdeljena" je njena meritev lahko zelo zahtevna.

EV V: Meritve električnih inštalacij

59

---

---

---

---

---

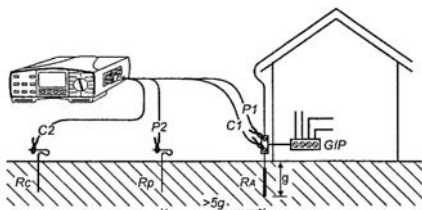
---

---

---

## Meritve ozemljitvene upornosti

Obstaja več različnih metod meritve z ali brez pomožnih elektrod. Ker lahko hitro naredimo kakšno napako, moramo biti zelo pozorni.



EV V: Meritve električnih inštalacij

60

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Glede na funkcijo ozemljitve, mora biti njena upornost:

$$R_{oc} = \frac{U_d}{I_a}$$

kjer je:  
U<sub>d</sub> ... mejna napetost dotika (običajno 50 V),  
I<sub>a</sub> ... tok, ki povzroči izklop napajanja v ustreznem času

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

V TN inštalaciji so vrednosti ozemljitvene upornosti razmeroma nizke in znašajo:

$$R < 2 \Omega,$$

pri TT inštalaciji pa so odvisne od uporabljene vrste izklopne naprave in jih moramo določiti z izračunom.

Pri strelovodnih ozemljitvah mora biti upornost ustrezno nizka:  
 $1 \Omega < R < 10 \Omega,$

---

---

---

---

---

---

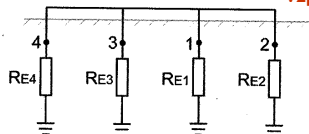
---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Če je več ozemljitev vezanih vzporedno, skupno upornost izračunamo kot skupno upornost vzporedno vezanih upornosti.

Merimo lahko samo upornosti posameznih ozemljil, lahko pa izmerimo tudi skupno upornost več vzporedno vezanih ozemljil.



---

---

---

---

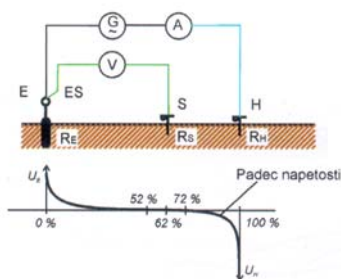
---

---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti



**Osnovni princip:**

- skozi ozemljilo pošljemo tok in
- izmerimo padeč napetosti na ozemljilu.

**Problem predstavlja napetostni lijak, zaradi katerega lahko izmerimo napačno napetost.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

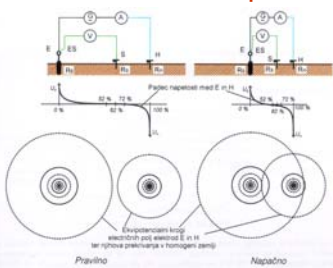
---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

**Zelo pomemben je položaj elektrod!**




---

---

---

---

---

---

---

---

---

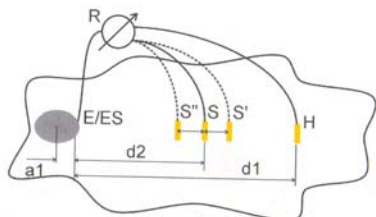
---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

**Ustreznost namestitve merilne (srednje) elektrode lahko preverimo tako, da jo premaknemo v eno in drugo smer in primerjamo rezultate.**




---

---

---

---

---

---

---

---

---

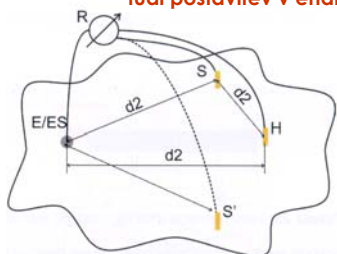
---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Poleg postavitve elektrod v ravni črti lahko uporabimo tudi postavitve v enakostranični trikotnik.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Poleg osnovne metode z lastnim generatorjem in dvema elektrodama poznamo še druge načine merjenja ozemljitvene upornosti v odvisnosti od oblike ozemljila in instrumentarija, ki je na voljo:

- meritev z lastnim generatorjem in brez sond;
- meritev z uporabo zunanjega vira merilne napetosti brez pomožne merilne sonde
- meritev z uporabo lastnega generatorja, dveh merilnih sond in enih merilnih klešč;
- meritev z uporabo dveh merilnih klešč.

---

---

---

---

---

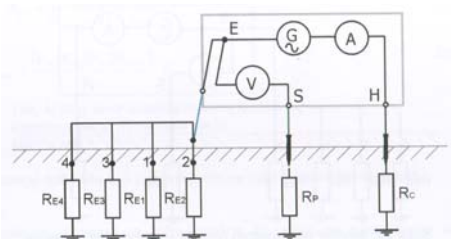
---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Meritev z lastnim generatorjem in dvema merilnima sondama.



---

---

---

---

---

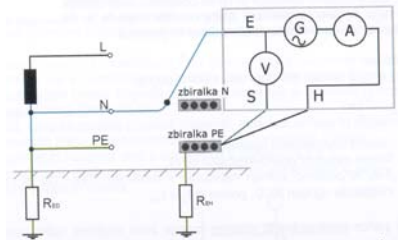
---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Meritev z lastnim generatorjem brez pomožnih merilnih sond.



EV V: Meritve električnih inštalacij

70

---

---

---

---

---

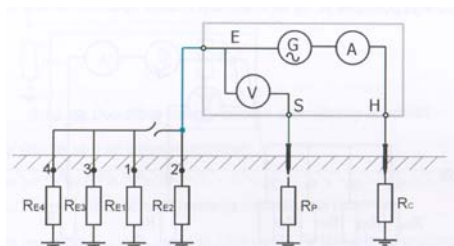
---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Klasična meritev upornosti posamičnega ozemljila.



EV V: Meritve električnih inštalacij

71

---

---

---

---

---

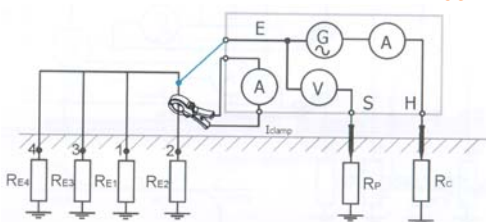
---

---

---

## Meritev ozemljitvene upornosti

Meritev upornosti posamičnega ozemljila z merilnimi kleščami in dvema merilnima sondama.



EV V: Meritve električnih inštalacij

72

---

---

---

---

---

---

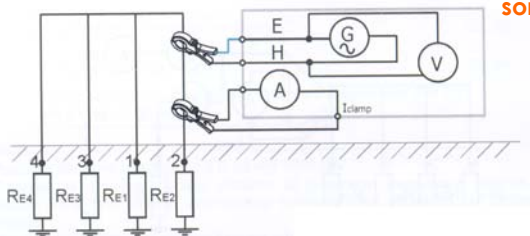
---

---



## Meritev ozemljitvene upornosti

Meritev upornosti posameznega ozemljila z dvema merilnimi kleščami in brez merilnih sond.



EV V: Meritve električnih inštalacij

73

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

Vrednotenje rezultatov

Rezultate po meritvi ustrezno korigiramo glede na dopustna odstopanja pri posameznih meritvah (pogrešek inštrumenta)

Parameter	Dopustno odstopanje	Potrebno korigiranje izmerjenega rezultata
Upornost zaščitnih vodnikov, vodnikov za glavno in dodatno izenačevanje potencialov ter ocenjivanih vodnikov	$\pm 30\%$	$R \times 1,3$
Ocenjivana upornost	$\pm 30\%$	$R \times 1,3$
Izločevalna upornost	$\pm 30\%$	$R \times 0,7$
Izklopni čas FI zaščitnega stikala	$\pm 10\%$ od nazivne dopustne vrednosti izklopnega časa $t_n$	$R + 0,1 t_n$ (G tip) $R + 0,1 t_n$ (S tip) $R - 0,1 t_n$ (S tip)
Izklopni tok FI zaščitnega stikala	$\pm 10\%$ od nazivne vrednosti diferencialnega izklopnega toka $I_{\Delta n}$	$R + 0,1 I_{\Delta n}$ (vignenja nečaj) $R - 0,1 I_{\Delta n}$ (spodnja meja)
Napetost dotika	$\pm 10\%$ od največje dopustne vrednosti napetosti dotika $U_t$	$R + 5 V$ ( $U_t = 25 V$ ) $R + 5 V$ ( $U_t = 25 V$ )
Impedanca okvarne zanke	$\pm 30\%$	$R \times 1,3$

EV V: Meritve električnih inštalacij

74

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Meritve električne inštalacije

Varstvo pred električnim udarom pri opravljanju meritev

- Električne meritve se pretežno izvajajo na inštalaciji, ki je pod napetostjo, ali pa instrument generira merilno napetost višjo od dovoljene napetosti dotika.
- Pod napetostjo je dovoljeno opravljati električne meritve in preskuse na električnih napravah, električni opremi in električnih inštalacijah z namenom, da se ugotovi stanje električne opreme ali električne inštalacije ter ugotovi mesto okvare.
- Za takšne preskuse in meritve se morajo obvezno uporabljati ustrezna sredstva in oprema za osebno zaščito.
- Varstveni ukrepi za opravljanje takšnih meritev in preskusov morajo biti opredeljeni v izjavi o varnosti z oceno tveganja delodajalca.
- V drugem primeru, ko instrument generira merilno napetost, ki je višja od dovoljene napetosti dotika, moramo upoštevati še posebna navodila proizvajalca instrumenta.

EV V: Meritve električnih inštalacij

75

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

... in še:



# Vprašanja?

---

---

---

---

---

---

---

---